

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-015563

(43)Date of publication of application : 19.01.1996

(51)Int.Cl.

G02B 6/30

G02B 6/13

(21)Application number : 06-150969

(71)Applicant : HITACHI CABLE LTD
SUN TEC KK

(22)Date of filing : 01.07.1994

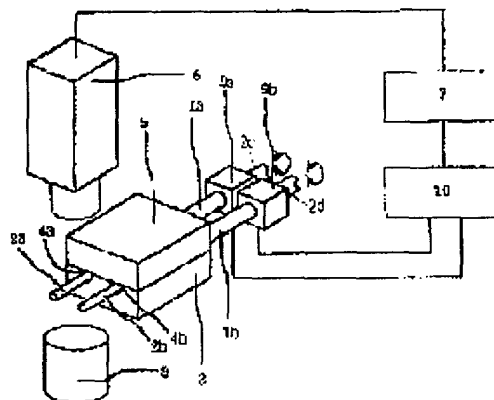
(72)Inventor : YUHARA TOSHIYA
IIZUKA TOSHIO
KAJIOKA HIROSHI
ICHIMURA MAMORU
MURAKAMI TOMOHIRO

(54) ALIGNMENT METHOD IN COUPLING PART OF OPTICAL FIBER HAVING NON-AXISYMMETRICAL REFRACTIVE INDEX DISTRIBUTION AND OPTICAL WAVEGUIDE, OPTICAL FIBER FIXING STRUCTURE AND COUPLING PART

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an alignment method capable of easily aligning the rotating directions in the coupling part of optical fibers having a non-axisymmetrical refractive index distribution and optical waveguides, an optical fiber fixing structure and the coupling part.

CONSTITUTION: The magnified images of the optical fibers are obtd. by photographing the optical fibers 1a, 1b from sideways of the propagating direction of guided light by an image obtaining means 6 and the distribution of the characteristics of the images corresponding to the positions in the radial direction of the optical fiber images from the magnified images obtd. in such a manner. The directions of the rotating directions around the central axes of the optical fibers as the axis of rotation are measured from the distribution of the characteristics of the images. The directions of the rotating directions of the optical fibers 1a, 1b are adjusted by optical fiber rotating members 9a, 9b in accordance with the result of the measurement.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-15563

(43) 公開日 平成 8 年(1996) 1 月 19 日

(51) Int. Cl. ⁶
G02B 6/30
6/13

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G02B 6/12

M

審査請求 未請求 請求項の数27 O L (全11頁)

(21) 出願番号 特願平6-150969

(22) 出願日 平成 6 年(1994) 7 月 1 日

(71) 出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目 1 番 2 号

(71) 出願人 591102693

サンテック株式会社

愛知県小牧市大字上末122番地

(72) 発明者 油原 敏哉

茨城県日立市日高町 5 丁目 1 番 1 号 日立
電線株式会社日高工場内

(72) 発明者 飯塚 寿夫

茨城県日立市日高町 5 丁目 1 番 1 号 日立
電線株式会社日高工場内

(74) 代理人 弁理士 絹谷 信雄

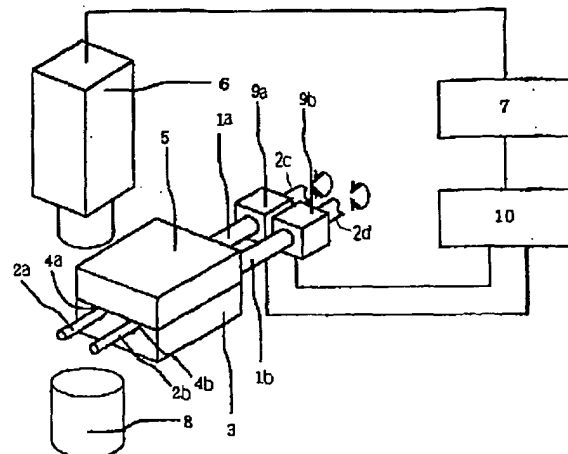
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路との結合部におけるアライメント方法、光ファイバ固定構造及び結合部

(57) 【要約】

【目的】 非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路との結合部における回転方向のアライメントを短時間で容易に行うことができるアライメント方法、光ファイバ固定構造及び結合部を提供する。

【構成】 画像取得手段 6 により光ファイバ 1 a, 1 b を導波光伝搬方向に対して側方から撮影して光ファイバの拡大画像を取得し、取得した拡大画像から光ファイバ像の径方向の位置に対応した画像の特徴の分布を求め、その画像の特徴の分布より光ファイバの中心軸を回転軸とした回転方向の向きの測定を行い、その測定結果に基づいて光ファイバ回転部材 9 a, 9 b により光ファイバ 1 a, 1 b の回転方向の向きを調整することを特徴としている。



1 a, 1 b 光ファイバ

2 a, 2 b 先端部

2 c, 2 d 後端部

6 画像取得手段 (撮像カメラ)

7 画像処理装置

8 照明光源

9 a, 9 b 光ファイバ回転部材 (光ファイバ回転機構)

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路との結合部におけるアライメント方法において、画像取得手段により上記光ファイバを導波光伝搬方向に対して側方から撮影して上記光ファイバの拡大画像を取得し、取得した拡大画像から光ファイバ像の径方向の位置に対応した画像の特徴の分布を求め、その画像の特徴の分布より光ファイバの中心軸を回転軸とした回転方向の向きの測定を行い、その測定結果に基づいて光ファイバ回転部材により光ファイバの回転方向の向きを調整することを特徴とする非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路との結合部におけるアライメント方法。

【請求項 2】 上記画像取得手段が撮像カメラである請求項 1 記載の非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路との結合部におけるアライメント方法。

【請求項 3】 上記画像取得手段の結像面に配置された像入力手段によって制限される分解能が $1.6 \mu\text{m}$ 以下である請求項 1 記載の非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路との結合部におけるアライメント方法。

【請求項 4】 上記光ファイバに対して上記画像取得手段と照明光源とで挟むように画像取得手段の略光軸上に上記光ファイバと上記照明光源とを配置し、上記光ファイバの側方からコアを横断する方向に照明光を照射し、光ファイバを透過した透過光により光ファイバの画像を取得するようにした請求項 1 記載の非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路との結合部におけるアライメント方法。

【請求項 5】 上記光ファイバの画像取得手段により撮像される部分の保護用コーティングが除去されている請求項 1 記載の非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路との結合部におけるアライメント方法。

【請求項 6】 光ファイバの中心軸を略回転軸とした種々の回転方向から光ファイバの拡大画像の取得及び画像の特徴の分布抽出を繰り返すと共に、予め求めた画像の特徴の分布に基づいて光ファイバの回転方向の向きを検出することにより、光ファイバの断面上に予め定められた特定の軸を画像取得手段の光軸と一旦平行に合わせた後で光ファイバ或いは光ファイバ回転部材を回転させ、上記特定の軸の向きを調整する請求項 1 記載の非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路との結合部におけるアライメント方法。

【請求項 7】 光ファイバの中心軸を略回転軸とした種々の回転角度から光ファイバの拡大画像の取得及び画像の特徴の分布抽出を繰り返し、予め定められた画像の特徴の分布を示す回転角度を検出することにより光ファイバの断面上に予め定められた特定の軸の角度を画像取得手段の光軸と平行に合わせた時に、上記特定の軸の角度を光導波路が形成された光学媒体或いは光ファイバ保持部材

に対して所望の方向を向くように、光学媒体或いは光ファイバ保持部材に対する画像取得手段の光軸の向きを予め決めておく請求項 1 記載の非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路との結合部におけるアライメント方法。

【請求項 8】 上記光ファイバが楕円コア型光ファイバであり上記画像の特徴の分布が光強度分布であって、 $5 \mu\text{m}$ 以下の分解能で画像取得手段と光ファイバとの距離を調節する請求項 1 記載の非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路との結合部におけるアライメント方法。

【請求項 9】 上記光ファイバが楕円コア型光ファイバであり上記画像の特徴の分布が光強度分布であって、上記特定の軸が楕円形のコアの長軸であって、光ファイバ中心部或いはその近傍の光強度の極大値が略最大、或いは極小値が略最小となるような向きを検出することによって、コアの長軸を画像取得手段の光軸と平行に合わせる請求項 6 又は 7 記載の非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路との結合部におけるアライメント方法。

【請求項 10】 上記光ファイバが楕円コア型光ファイバであり上記画像の特徴の分布が光強度分布であって、上記特定の軸が楕円形のコアの長軸であって、光ファイバの中心部或いはその近傍の光強度の極大値と極小値との差が最大となるような向きを検出することにより、上記コアの長軸を画像取得手段の光軸と平行に合わせる請求項 6 又は 7 記載の非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路との結合部におけるアライメント方法。

【請求項 11】 上記光ファイバが楕円コア型光ファイバであり上記画像の特徴の分布が光強度分布であって、上記特定の軸が楕円形のコアの長軸であって、光ファイバ中心部或いはその近傍の光強度の極大値が略最大或いは極小値が略最小、かつ画像の特徴の分布がコアの中心を対称軸として略線対称であってさらに光ファイバ中心部の近傍に、コアの中心軸を対称軸として略線対称の位置に現れる少なくとも 1 組の光強度の極小値或いは極大値の差が最小となるような向きを検出することにより、上記コアの長軸を画像取得手段の光軸と平行に合わせる請求項 6 又は 7 記載の非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路との結合部におけるアライメント方法。

【請求項 12】 上記楕円形のコアの長軸の向きを画像取得手段の光軸と平行に合わせるために光強度の極大値及び極小値を検出する光ファイバ中心部及びその近傍が、光ファイバの中心を基準とした半幅 $5 \mu\text{m}$ の範囲内である請求項 9 ～ 11 のいずれか一項記載の非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路との結合部におけるアライメント方法。

【請求項 13】 光ファイバが楕円ジャケット型光ファイバであり上記画像の特徴の分布が光強度分布であつ

て、画像取得手段と光ファイバとの距離が、光ファイバのコア近傍を除く外周部の画像の光強度の極大値が最大になる位置と、該位置から画像取得手段と光ファイバとを略 50 μm 遠ざけた位置との間の範囲内である請求項 1 記載の非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路との結合部におけるアライメント方法。

【請求項 1 4】 光ファイバが楕円ジャケット型光ファイバであり上記画像の特徴の分布が光強度分布であつて、上記特定の軸が楕円形ジャケットの長軸あるいは短軸のいずれか一方であつて、画像の特徴の分布がコアの中心軸を対称軸として略線対称で、さらに光ファイバ中心部近傍に、コアの中心軸を対称軸として略線対称の位置に現れる明部或いは暗部のうち少なくとも 1 組の明部或いは暗部の光強度差が最小となるような光ファイバの回転方向の向きを検出することにより前記楕円形ジャケットの長軸あるいは短軸のいずれかを撮像取得手段の光軸と平行に合わせる請求項 6 又は 7 記載の非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路との結合部におけるアライメント方法。

【請求項 1 5】 上記特定の軸が楕円形のジャケットの長軸であつて、該長軸の向きを画像取得手段の光軸と平行に合わせた時に、画像の特徴の分布にコアの中心を対称軸として略線対称の位置に 1 組の明部を有し、明部の光ファイバ内周側であつてコアの中心軸を対称軸として略線対称の位置に 1 組の暗部を有し、かつ明部の外周側近傍には光強度がその外周側よりも低い顕著な暗部を有しない請求項 1 4 記載の非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路との結合部におけるアライメント方法。

【請求項 1 6】 上記特定の軸が楕円形のジャケットの短軸であつて、該短軸の向きを画像取得手段の光軸と平行に合わせた時に、画像の特徴の分布にコアの中心軸を対称軸として略線対称の位置に 1 組の明部を有し、明部の光ファイバ内周側であつてコアの中心軸を対称軸として略線対称の位置に 1 組の暗部を有し、かつ明部の外周側近傍であつてコアの中心軸を対称軸として略線対称の位置に、光強度がその外周側よりも低い顕著な暗部を 1 組有する請求項 1 4 記載の非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路との結合部におけるアライメント方法。

【請求項 1 7】 上記楕円形ジャケットの長軸及び短軸の向きを画像取得手段の光軸と平行に合わせるための明部及び暗部が検出される光ファイバ中心部近傍が、光ファイバの中心軸を基準とした半幅約 25 μm の範囲内である請求項 1 4 記載の非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路との結合部におけるアライメント方法。

【請求項 1 8】 非軸対称屈折率分布を有する少なくとも一つの光ファイバと光ファイバを保持する保持部材とを含む光ファイバ固定構造において、画像取得手段によ

り上記光ファイバを導波光伝搬方向に対して側方から撮影して上記光ファイバの拡大画像を取得し、取得した拡大画像から光ファイバ像の径方向の位置に対応した画像の特徴の分布を求め、その画像の特徴の分布より光ファイバの中心軸を回転軸とした回転方向の向きの測定を行い、その測定結果に基づいて光ファイバ回転部材により光ファイバの回転方向の向きを調整したことを特徴とする光ファイバ固定構造。

【請求項 1 9】 上記光ファイバを保持する光ファイバ保持部材に配列形成された少なくとも一つの溝に、光ファイバが嵌合配列された請求項 1 8 記載の光ファイバ固定構造。

【請求項 2 0】 上記溝の断面形状が V 字状、U 字状、円弧状、矩形状あるいは多角形状である請求項 1 9 記載の光ファイバ固定構造。

【請求項 2 1】 上記光ファイバ保持部材に配列形成された少なくとも一つの小孔に、光ファイバが嵌合配列された請求項 1 8 記載の光ファイバ固定構造。

【請求項 2 2】 上記小孔の断面形状が円形状、楕円形状あるいは多角形状であつて、その内接円の少なくとも光ファイバ端面が露出する部分における直径が光ファイバのコーティング除去部分の外径よりも 2 μm 以下の範囲で大きい請求項 2 1 記載の光ファイバ固定構造。

【請求項 2 3】 非軸対称屈折率分布を有する少なくとも一つの光ファイバと少なくとも一つの光導波路とを結合した結合部において、画像取得手段により上記光ファイバを導波光伝搬方向に対して側方から撮影して上記光ファイバの拡大画像を取得し、取得した拡大画像から光ファイバ像の径方向の位置に対応した画像の特徴の分布を求め、その画像の特徴の分布より光ファイバの中心軸を回転軸とした回転方向の向きの測定を行い、その測定結果に基づいて光ファイバ回転部材により光ファイバの回転方向の向きを調整したことを特徴とする結合部。

【請求項 2 4】 上記光導波路の端面が露出するように、上記光導波路を含む光学媒体に形成された溝に光ファイバが嵌合された請求項 2 3 記載の結合部。

【請求項 2 5】 上記溝の形状が V 字状、U 字状、円弧状、矩形状あるいは多角形状である請求項 2 4 記載の結合部。

【請求項 2 6】 その底部に上記光導波路の端面が露出する、上記光導波路を含む光学媒体に形成された凹部に、光ファイバが嵌入された請求項 2 3 記載の結合部。

【請求項 2 7】 上記凹部の断面形状が、円形状、楕円形状、矩形状或いは多角形状であつて、その内接円の少なくとも光ファイバ端面が位置する部分における直径が光ファイバの外径よりも 2 μm 以下の範囲で大きい請求項 2 6 記載の結合部。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光ファイバジャイロ、

光変調器、光スイッチ等に用いられる非軸対称屈折率分布を有する光ファイバの回転方向のアライメント方法、光ファイバ固定構造及び結合部に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】光導波路と非軸対称屈折率分布を有する光ファイバとの結合部の例として、偏波面保存光ファイバを用いた光ファイバアレイが挙げられる。偏波面保存光ファイバの回転方向の角度のアライメント、すなわち複屈折主軸のアライメント方法においては偏波面が保存される、電界の振動方向が複屈折主軸と平行な直線偏光を光ファイバに伝搬させて、出射端における直線偏光の角度により複屈折主軸の光ファイバ保持部材に対する角度を合わせている。

【 0 0 0 3 】例えば、図 1 5 に示すように半導体レーザ 3 1 より出射される光を第一のレンズ 3 2 により略平行光とし、偏光子 3 3 により直線偏光とした後、略コアの中心軸を中心として回転可能なホルダ 3 5 に保持された偏波面保存光ファイバ 3 6 の一端に第二のレンズ 3 4 により集光して光ファイバ内を伝搬させる。一方、伝搬光の出射する光ファイバの他端も略コアを中心に回転可能なホルダ 3 5 を介して、光ファイバ保持部材 3 7 に予め設けられた光ファイバを埋め込むための V 字形の溝（図示せず）に載置されており、その上にカバー部材 3 8 が載置されている。

【 0 0 0 4 】ところで偏波面保存光ファイバは直交する 2 つの複屈折主軸を有するために、複屈折主軸のおおよその角度を知らなければ光ファイバ中を伝搬する直線偏光の電界の振動方向がどちらの主軸に平行であるかを知ることにはできない。

【 0 0 0 5 】従って、光ファイバより出射される直線偏光の電界の振動方向のみによって複屈折主軸の角度のアライメントを行おうとすると、所望の角度とは 90° 異なる角度となるおそれがあるので、複屈折主軸のアライメントを予め略所望する方向へ行っておき、このアライメントの誤差の範囲程度に直線偏光の角度によるアライメントの際の光ファイバ出射端の回転範囲を制限する必要がある。

【 0 0 0 6 】そこで、偏波面保存光ファイバ 3 6 として楕円コア型光ファイバ 4 2 を用いる場合には、図 1 6 に示すように楕円形のコア 4 3 の長軸 4 4 と短軸 4 5 とがそれぞれ複屈折主軸となることから、CCD カメラ（図示せず）によって光ファイバからの出射光のニアフィールドパターンを、あるいはスクリーン（図示せず）に投射される出射光のファーフィールドパターンを観測しながら保持部材に載置された光ファイバ出射端を回転させ、複屈折主軸を略所望する方向に合わせる。また、偏波面保存光ファイバ 3 6 として楕円ジャケット型光ファイバ 4 6 を用いる場合には、図 1 7 に示すように楕円形のジャケット 4 7 の長軸 4 8 と短軸 4 9 とがそれぞれ複屈折主軸となることから、ジャケット部の形状が観察可

能であるように保持部材に載置された光ファイバ出射端を予め弗化水素酸水溶液によりエッチングしてジャケット部とその他の部分との間に段差をつけておき、CCD カメラによってこの端面の拡大像を観察しながら光ファイバを回転させ、複屈折主軸を略所望の方向に合わせる。

【 0 0 0 7 】次に出射光を第三のレンズ 3 9 及び検光子 4 0 を介して受光器 4 1 に集光し、受光器 4 1 の出力をモニタしながら光ファイバの入射端と検光子 4 0 とを回転させて偏光クロストークが最小となるような入射端の回転位置を求め、入射端における光ファイバの複屈折主軸の一方と光電界の振動方向とを一致させると、光ファイバからの出射光は電界の振動方向が 2 つの複屈折主軸の一方に平行な直線偏光となる。従って、次に検光子 4 0 の方位を所望の複屈折主軸の方向に合わせ、楕円コア型光ファイバの場合には、光ファイバの出射端をニアフィールドパターン或いはファーフィールドパターンによるアライメントの誤差の範囲程度、楕円ジャケット型光ファイバの場合には端面の拡大像によるアライメントの誤差の範囲程度、例えば $\pm 10^\circ$ 以内の範囲で回転させて受光器 4 1 の出力が最大あるいは最小となるような回転位置に向けることにより、複屈折主軸のアライメントが行われている。

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】ところで上述した従来の方法によって偏波面保存光ファイバ 3 6 の複屈折主軸が所望の方向を向くようにアライメントを行う場合には、保持部材 3 7 に載置された光ファイバ 3 6 をそのコアの中心軸を略回転軸として回転させる他に種々の手順を踏まなければならない。

【 0 0 0 9 】まず光の入出力結合のために光ファイバの両端に平坦な端面を形成しなければならない。また、第一のレンズ 3 2、偏光子 3 3、第二のレンズ 3 4 を通過した光を光ファイバ 3 6 に結合させるためのアライメントが必要であり、さらに光ファイバ 3 6 中を伝搬する光を、電界の振動方向が複屈折主軸と平行である直線偏光とするために、光ファイバ 3 6 の入射端の回転方向のアライメントを要する。これはすなわち、保持部材 3 7 に載置された偏波面保存光ファイバ 3 6 の出射端の複屈折主軸の角度のアライメントを行うために、入射端の複屈折主軸の角度のアライメントも行われなければならないことを意味する。

【 0 0 1 0 】一方、複屈折主軸のアライメントを予め略所望の方向へと行っておくために、偏波面保存光ファイバ 3 6 に楕円コア型光ファイバ 4 2 を用いる場合には、光ファイバ 3 6 からの出射光のニアフィールドパターンを、楕円ジャケット型光ファイバ 4 6 を用いる場合には光ファイバ出射端面の拡大像を観察しなければならない。

【 0 0 1 1 】従って偏波面保存光ファイバを用いた光フ

ファイバアレイを 1 つ製造する毎に、CCD カメラ或いはスクリーン、第三のレンズ 3 9、検光子 4 0 及び受光器 4 1 を移動して再配置することになる。さらに、楕円ジャケット型光ファイバ 4 6 を用いる場合には端面の弗化水素酸水溶液によるエッチングも必要となる。

【0012】このように、偏波面保存光ファイバの複屈折主軸を所望の方向に向けるためには、数多くの手順を踏まなければならない、また多くの時間を要するので、偏波面保存光ファイバを用いた光ファイバアレイの製造工数の低減や製造時間の短縮は困難であった。

【0013】そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路との結合部における回転方向のアライメントを短時間で容易に行うことができるアライメント方法、光ファイバ固定構造及び結合部を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明は、非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路との結合部におけるアライメント方法において、画像取得手段により光ファイバを導波光伝搬方向に対して側方から撮影して光ファイバの拡大画像を取得し、取得した拡大画像から光ファイバ像の径方向の位置に対応した光強度分布等の画像の特徴の分布を求め、その特徴の分布より光ファイバの中心軸を回転軸とした回転方向の向きの測定を行い、その測定結果に基づいて光ファイバ回転部材により光ファイバの回転方向の向きを調整するものである。

【0015】また本発明の光ファイバ固定構造は、非軸対称屈折率分布を有する少なくとも一つの光ファイバと少なくとも一つの光導波路とをそれぞれ結合するための、光ファイバ保持部材を含む光ファイバ固定構造において、画像取得手段により光ファイバを導波光伝搬方向に対して側方から撮影して光ファイバの拡大画像を取得し、取得した拡大画像から光ファイバ像の径方向の位置に対応した光強度分布等の画像の特徴の分布を求め、その特徴の分布より光ファイバの中心軸を回転軸とした回転方向の向きの測定を行い、その測定結果に基づいて光ファイバ回転部材により光ファイバの回転方向の向きを調整したものである。

【0016】さらに本発明の結合部は、非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路とを結合した結合部において、画像取得手段により光ファイバを導波光伝搬方向に対して側方から撮影して上記光ファイバの拡大画像を取得し、取得した拡大画像から光ファイバ像の径方向の位置に対応した光強度分布等の画像の特徴の分布を求め、特徴の分布より光ファイバの中心軸を回転軸とした回転方向の向きの測定を行い、その測定結果に基づいて光ファイバ回転部材により光ファイバの回転方向の向きを調整したものである。

【0017】

【作用】画像取得手段により光ファイバを導波光伝搬方向に対して側方から撮影すると光ファイバの拡大画像が取得できる。取得した拡大画像を画像処理装置により画像処理を施すと光ファイバ像の径方向の位置に対応した光強度分布等の画像の特徴の分布が求められる。この画像の特徴の分布は光ファイバの回転方向の向きによって異なった特徴的な曲線を示すと共に再現性がある。このため画像の特徴の分布より光ファイバの中心軸を回転軸とした回転角度の測定を行い、その測定結果に基づいて光ファイバ回転部材により光ファイバの回転方向の向きの調整を行うことができる。

【0018】

【実施例】以下、本発明の一実施例を添付図面に基づいて詳述する。

【0019】図 1 は本発明の非軸対称屈折率分布を有する光ファイバの回転方向のアライメント方法を適用した装置の主要部概略の一例を示す図である。尚、ここでは光ファイバとして楕円コア型偏波面保存光ファイバ 1 を用いて光ファイバアレイを作製する場合について説明する。

【0020】同図に示すように先端部 2 a、2 b のコーティングを除去した 2 本の光ファイバ 1 a、1 b が、光ファイバ保持部材 3 の表面に予め平行に配列形成された光ファイバを埋め込むための 2 本の V 字形の溝 4 a、4 b にそれぞれ載置されており、紫外線硬化型接着剤（図示せず）が塗布され、その上にカバー部材 5 が載置されている。偏波面保存光ファイバの後端部 2 c、2 d は光ファイバ回転部材としての光ファイバ回転機構 9 a、9 b に取り付けられているので、先端部 2 a、2 b は略光ファイバ 1 a、1 b のコアの中心軸を回転軸として回転可能となっている。

【0021】一方、略撮像カメラ 6 の光軸上に、載置された 2 本の偏波面保存光ファイバ 1 a、1 b のうち複屈折主軸の角度のアライメントが行われる方の光ファイバ 1 a が、撮像カメラ 6 と照明光源 8 とで挟まれるように配置されている。光ファイバ 1 a の下方側面からコアを横断する方向に照明光が照射され、この照射光が光ファイバ 1 a を透過して撮像カメラ 6 により光ファイバ先端部 2 a の拡大画像が取得される。この取得した拡大画像から光ファイバ像（図示せず）の径方向の位置に対応した光強度分布を画像処理装置 7 により算出することができる。この光強度分布には複屈折主軸の角度によって異なった特徴が得られる。これはコア、クラッド及びジャケット等の偏波面保存光ファイバの各構成要素の屈折率がそれぞれ異なっており、少なくとも 1 つの構成要素の形状が非軸対称であるためである。

【0022】従って、制御装置 10 において複屈折主軸の角度を判断し、複屈折主軸の角度のアライメントが行われる方の光ファイバ 1 a が取り付けられている回転機構 9 a を制御装置 10 により駆動させると、複屈折主軸

の角度を所望の角度に回転させることにより調整することができる。

【0023】次に実施例の作用を述べる。

【0024】図2(a)は撮像カメラの光軸と楕円形コアの長軸方向の複屈折主軸とがなす角度が 0° のときの概略断面図であり、図2(b)はその光強度分布を示す図である。図3(a)は撮像カメラの光軸と楕円形コアの長軸方向の複屈折主軸とがなす角度が 5° のときの概略断面図であり、図3(b)はその光強度分布を示す図である。図4(a)は撮像カメラの光軸と楕円形コアの長軸方向の複屈折主軸とがなす角度が 45° のときの概略断面図であり、図4(b)はその光強度分布を示す図である。図5(a)は撮像カメラの光軸と楕円形コアの長軸方向の複屈折主軸とがなす角度が 90° のときの概略断面図であり、図5(b)はその光強度分布を示す図である。

【0025】ここで、光ファイバ外周部の画像の光強度の極大値 l 、 r が最大になるように撮像カメラ6と光ファイバ11との間の距離を $0.5\mu\text{m}$ の分解能で調節した。光軸14と複屈折主軸15とが平行の場合(図2(a))には、図2(b)に示すように光ファイバ中心部の光強度の極大値 a が最大となり、その両脇に光強度の極小値 b 、 c が現れ、 a 、 b 間及び a 、 c 間の光強度の差が最大となった。また光強度分布はコア12の中心に対応する a を対称軸として略線対称であり、略線対称の位置に現れる極小値 b 、 c 間の光強度の差は最小となった。

【0026】光ファイバ11を時計回りに回転させて、光軸14と複屈折主軸15とがなす角度を 5° とした場合(図3(a))には、図3(b)に示すように極大値 a が図2(b)に示す極大値よりも小さく、 a と光強度の極小値 b 、 c との光強度の差も小さく、 b よりも c の光強度の方が小さくなった。光ファイバ11を時計回りに回転させて光軸14と複屈折主軸15とがなす角度を 45° とした場合には(図4(a))、図4(b)に示すように極大値 a 及び極小値 b 、 c の近傍に対する変化量の絶対値が図2(b)、図3(b)に比べて非常に小さく識別し難くなったが、 b よりも c の光強度の方がやや小さくなった。

【0027】一方、光軸14と複屈折主軸15とがなす角度を 90° とした場合には(図5(a))、図5(b)に示すように極大値 a 及び極小値 b 、 c を識別しがたくなっているのは 45° の場合(図3(a))、

(b))と同様であるが、 b と c との間の光強度の差はなくなった。このように複屈折主軸15の角度により特徴的な光強度分布が得られることを利用して、図1に示した光ファイバ保持部材3に載置された楕円コア型の偏波面保存光ファイバ1の複屈折主軸の角度と所望の角度との間の回転角度差を制御装置10にて判断し、この角度差だけ光ファイバ1を回転するように回転機構9を制

御装置10によって駆動させ、光ファイバ1に導波光を伝搬させることなく複屈折主軸が所望の角度をとるようにアライメントを行うことができた。尚、極大値 a と極小値 b 或いは c との間の間隔の最小値は $1\mu\text{m}$ であったので、撮像カメラ6の撮像素子によって制限される分解能は $1\mu\text{m}$ あるいはそれより優れていなければならない。

【0028】図1における偏波面保存光ファイバ1a、1bを楕円コア型光ファイバとし、その複屈折主軸を上述したアライメント方法によって所望の角度に回転した後で、接着剤を紫外線照射により硬化させ、光ファイバ1a、1b、保持部材3とカバー部材5の端面を研磨して、光導波路との結合部として用いる偏波面保存光ファイバアレイが作製される。

【0029】ところで、光軸14と複屈折主軸15とが略平行となる場合には図2(a)、(b)、図3

(a)、(b)に示したように光強度の極大値 a 及び極小値 b 、 c の近傍の光強度の差が大きく、光強度分布の変化が角度の変化に対して敏感である。そこで、光ファイバ11を回転させつつ拡大画像の取得及び取得画像の光強度分布算出を繰り返し、光軸14と複屈折主軸15とを一旦平行に合わせ、その後所望の方向との間の角度差だけ光ファイバを回転させるという手順を踏むことによって、アライメント誤差 5° 以下と精度を向上させることができた。さらに光軸14と複屈折主軸15とを平行に合わせた時に、複屈折主軸15の角度が保持部材3に対して所望の角度となるように、予め保持部材3に対する光軸14の角度を定めておくことにより、アライメント精度を向上させ、かつアライメントに要する時間を短縮することができた。

【0030】複屈折主軸15の角度を光軸14と平行に合わせるために光強度の極大値及び極小値が検出される位置の幅の最大値は $6\mu\text{m}$ であったので、この検出範囲はコア12の偏心を考慮しても光ファイバの中心を基準とした半幅 $5\mu\text{m}$ の範囲とすれば充分であり、そうすることによって画像処理に要する時間を短縮することができた。

【0031】複屈折主軸15の角度を光軸14と平行になるように合わせ、撮像カメラ6と光ファイバ11との間の距離を、光ファイバ外周部の画像の光強度の極大値 l 、 r が最大になる距離よりも $5\mu\text{m}$ 及び $10\mu\text{m}$ 大きくした場合の光強度分布を図6及び図7にそれぞれ示す。撮像カメラ6と光ファイバ11との間の距離を大きくするに従って、図6に示すように極大値 a 及び極小値 b 、 c のその近傍に対する変化量の絶対値が図2(b)に比べて次第に小さくなって識別し難くなっていき、その後、図2(b)における極大値 a が図7における極小値 a へ、図2(b)における極小値 b 、 c が図7における極大値 b 、 c へと、光強度の逆転を生じてしまった。従って、光ファイバの外周部の画像の光強度の極大値

1, r が最大になるように、5 μ m 或いはそれより優れた位置分解能で撮像カメラ6と楕円コア型光ファイバとの間の距離を調節することは、精度及び再現性よく複屈折主軸のアライメントを行うために非常に有効であった。

【0032】なお、図7に示したように撮像カメラ6と楕円コア型光ファイバ11との距離をコア12の中心に対応する部分の光強度が極小となるように調節した場合にも、被屈折主軸15を光軸14と平行に合わせることができた。

【0033】次に非軸対称屈折率分布を有する光ファイバとして楕円ジャケット型偏波面保存光ファイバを用いた場合について説明する。

【0034】図8(a)は撮像カメラの光軸と楕円ジャケット型偏波面保存光ファイバの楕円形ジャケットの長軸方向の複屈折主軸とがなす角度が0°のときの概略断面図であり、図8(b)はその光強度分布を示す図である。図9(a)は撮像カメラの光軸と楕円ジャケット型偏波面保存光ファイバの楕円形ジャケットの長軸方向の複屈折主軸とがなす角度が5°のときの概略断面図であり、図9(b)はその光強度分布を示す図である。図10(a)は撮像カメラの光軸と楕円ジャケット型偏波面保存光ファイバの楕円形ジャケットの長軸方向の複屈折主軸とがなす角度が45°のときの概略断面図であり、図10(b)はその光強度分布を示す図である。図11(a)は撮像カメラの光軸と楕円ジャケット型偏波面保存光ファイバの楕円形ジャケットの長軸方向の複屈折主軸とがなす角度が90°のときの概略断面図であり、図11(b)はその光強度分布を示す図である。

【0035】ここで、撮像カメラ6と光ファイバ16との間の距離を光ファイバ外周部の画像の光強度の極大値1, r が最大になる距離においては、光軸14と複屈折主軸21とを平行にした場合(図8(a))に光ファイバ中心部近傍に顕著な明部及び暗部が現れず、これよりも撮像カメラ6を50 μ m だけ光ファイバから遠ざけた距離までの範囲内において現れた。

【0036】そこで、極大値1, r が最大になる距離よりも10 μ m だけ大きくなるよう、撮像カメラ6と光ファイバ16との間の距離を0.5 μ m の分解能で調節した。

【0037】ここで、光軸14と楕円形ジャケットの長軸方向の複屈折主軸21とを平行にした場合には(図8(a))、図8(b)に示すように光強度分布がコアの中心に対応する明部aの中心を対称軸として略線対称であって、さらに光ファイバ中心部近傍の略線対称の位置に1組の明部d, e が現れ、その光強度の差が最小となった。また、これら明部d, e の光ファイバ内周側の、コアの中心に対応する明部aの中心を対称軸として略線対称の位置に1組の暗部b, c が現れ、明部d, e の外周側近傍には光強度がその外周側よりも低い顕著な暗部

は現れなかった。光ファイバ16を時計回りに回転させて、光軸14と複屈折主軸21とがなす角度を5°とした場合(図9(a))には、光強度分布はもはや線対称ではなくなり、図8(a)におけるeに相当する明部が図9(b)に示すように2つの明部d, g に分裂し、その間に暗部e が現れた。光ファイバ16をさらに時計回りに回転させて、光軸14と複屈折主軸21とがなす角度を45°とした場合にも(図10(a))、図10(b)に示すように新たな明部h が現れるため光強度分布は線対称ではないが、コアの中心に対応する明部aの中心を対称軸として略線対称の位置に1組の明部d, e が現れ、また明部d, e の光ファイバ内周側の略線対称の位置に1組の暗部b, c が現れ、かつ明部d, e の外周側近傍の略線対称の位置に光強度がその外周側よりも低い顕著な1組の暗部f, g が現れた。

【0038】一方、光軸14と複屈折主軸21とがなす角度を90°とした場合(図11(a))、すなわち光軸14と楕円形ジャケットの短軸方向の複屈折主軸22とを平行に合わせた場合には、図11(b)に示すように、光強度分布がコアの中心に対応する明部aの中心を対称軸として略線対称であって、光ファイバ中心部近傍の略線対称の位置に1組の明部d, e が現れ、明部d, e の光ファイバ内周側の略線対称の位置に1組の暗部b, c が現れ、かつ明部d, e の外周側近傍に光強度がその外周側よりも低い顕著な1組の暗部f, g が現れた。このように複屈折主軸21或いは複屈折主軸22の角度により特徴的な光強度分布が得られることを利用して、図1に示した光ファイバ保持部材3に載置された楕円ジャケット型の偏波面保存光ファイバにおいても楕円コア型偏波面保存光ファイバの場合と同様に、光ファイバに導波光を伝搬させることなく複屈折主軸が所望の角度となるようにアライメントを行うことができた。尚、光ファイバ外周部を除く部分での明部と暗部との中心間隔の最小値は1.6 μ m であつたので、撮像カメラ6の撮像素子によって制限される分解能は1.6 μ m あるいはそれより優れていなければならなかった。また、複屈折主軸21或いは複屈折主軸22と光軸14とを平行に合わせることで、楕円ジャケット型偏波面保存光ファイバにおいてもアライメント精度を向上させることができた。これは、図8(b)、図11(b)に示したように光強度分布がコアの中心を対称軸として略線対称となり、明部d, e、暗部b, c、さらに図11(b)においてはこれらに加えて、暗部f, g の組のうち、少なくとも1組の光強度の差が最小となるような光ファイバ16の回転角度を検出することにより、複屈折主軸21或いは複屈折主軸22を光軸14と平行に合わせることが可能となるからである。その際、明部d, e、暗部b, c 及び暗部f, g が検出される光ファイバ中心部近傍は、コアを中心とした半幅20 μ m の範囲内であつたので、この検出範囲はコア17、クラッド18及びジャ

ケット 19 の偏心を考慮しても光ファイバの中心を基準とした半幅 $25\mu\text{m}$ の範囲とすれば充分であり、そうすることにより画像処理に要する時間を短縮することができた。

【0039】 以上において、非軸対称屈折率分布を有する光ファイバとして、楕円コア型偏波面保存光ファイバと、楕円ジャケット型偏波面保存光ファイバとについて説明したが、これらに限定されるものではなく、いわゆる PANDA 型、Bow-Tie 型、サイドピット型、サイドトンネル型等の屈折率分布が軸対称ではない偏波面保存光ファイバ或いは絶対単一偏波光ファイバ及びマルチコア光ファイバも回転角度に依存した特徴的な画像処理結果が得られるので、本発明によりアライメントが可能である。

【0040】 また、2 心の光ファイバアレイを例に取り上げたが、2 心に限定されずこれより多心あるいは 1 心であってもよい。光ファイバ保持部材 3 の溝形状は U 字状、円弧状、矩形状あるいは多角形状であってもよい。光ファイバアレイは、例えば図 12 に示すように保持部材 23 に配列形成された 2 つの小孔 24a, 24b に非軸対称屈折率分布を有する光ファイバ 25a, 25b が

嵌入されている構造でも良く、小孔 24a, 24b の断面形状は円形状、楕円形状あるいは多角形状であってもよい。

【0041】 ここで 2 心以上の光ファイバアレイの場合には位置ずれによる光導波路との接続過剰損失を 0.1 dB 以下とするために、小孔 24a, 24b の内接円の少なくとも光ファイバ端面が露出する部分における直径が光ファイバのコーティング除去部分の外径よりも $2\mu\text{m}$ 以下の範囲で大きいことが望ましい。

【0042】 また図 13 に示すように 2 本の光導波路 26a, 26b が配列作製された基板 27 に、光導波路 26a, 26b の端面 28a, 28b が露出するように配列形成された V 字形状の溝 29a, 29b に、非軸対称屈折率分布を有する光ファイバ 25a, 25b を嵌合した光ファイバと光導波路との結合部においても本発明の方法によって光ファイバ 25a, 25b の回転角度のアライメントが可能である。この場合も光ファイバアレイの場合と同様に 2 心に限定されずこれより多心あるいは 1 心であってもよく、基板に形成された溝形状は U 字形状、円弧状、矩形状あるいは多角形状であってもよい。

【0043】 図 14 に示すように 2 本の光導波路 26a, 26b が配列作製された基板 27 に、光導波路の端面 28a, 28b が露出するように配列形成された断面円形状の凹部 30a, 30b に、非軸対称屈折率分布を有する光ファイバ 25a, 25b を嵌入してなる光ファイバと光導波路との結合部においても、本発明の方法によって光ファイバの回転角度のアライメントが可能である。この場合も光ファイバアレイの場合と同様、2 心に

板 27 に形成された凹部 30a, 30b の断面形状は楕円形状、矩形状或いは多角形状であってもよい。

【0044】 ここで、位置ずれによる光ファイバと光導波路との接続過剰損失を 0.1 dB 以下とするために、凹部 30a, 30b の内接円の少なくとも光ファイバ端面が位置する部分の直径は光ファイバのコーティング除去部分の外径よりも $2\mu\text{m}$ 以下の範囲で大きいことが望ましい。

【0045】

【発明の効果】 以上要するに本発明によれば、次のような優れた効果を発揮する。

【0046】 光ファイバを導波光伝搬方向に対して側方から撮影して光ファイバの拡大画像を取得し、取得した拡大画像から光ファイバ像の径方向に対応した光強度分布等の画像の特徴の分布を求め、その画像の特徴の分布より光ファイバの中心軸を回転軸とした回転角度の測定を行い、その測定結果に基づいて光ファイバを所望の角度に回転させるので、非軸対称屈折率分布を有する光ファイバと光導波路との結合部における回転方向のアライメントを、光ファイバに導波光を伝搬させることなく短時間で容易に行うことができるアライメント方法、光ファイバ固定構造及び結合部を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の非軸対称屈折率分布を有する光ファイバの回転方向のアライメント方法を適用した装置の主要部概略の一例を示す図である。

【図 2】 (a) は撮像カメラの光軸と楕円形コアの長軸方向の複屈折主軸とがなす角度が 0° のときの概略断面図であり、(b) はその光強度分布を示す図である。

【図 3】 (a) は撮像カメラの光軸と楕円形コアの長軸方向の複屈折主軸とがなす角度が 5° のときの概略断面図であり、(b) はその光強度分布を示す図である。

【図 4】 (a) は撮像カメラの光軸と楕円形コアの長軸方向の複屈折主軸とがなす角度が 45° のときの概略断面図であり、(b) はその光強度分布を示す図である。

【図 5】 (a) は撮像カメラの光軸と楕円形コアの長軸方向の複屈折主軸とがなす角度が 90° のときの概略断面図であり、(b) はその光強度分布を示す図である。

【図 6】 撮像カメラと光ファイバとの間の距離を、光ファイバ外周部の画像の光強度の極大値 I_r が最大になる距離よりも $5\mu\text{m}$ 大きくした場合の光強度分布を示す図である。

【図 7】 撮像カメラと光ファイバとの間の距離を、光ファイバ外周部の画像の光強度の極大値 I_r が最大になる距離よりも $10\mu\text{m}$ 大きくした場合の光強度分布を示す図である。

【図 8】 (a) は撮像カメラの光軸と楕円ジャケット型偏波面保存光ファイバの楕円形ジャケットの長軸方向の複屈折主軸とがなす角度が 0° のときの概略断面図であり、(b) はその光強度分布を示す図である。

15

【図 9】 (a) は撮像カメラの光軸と楕円ジャケット型偏波面保存光ファイバの楕円形ジャケットの長軸方向の複屈折主軸とがなす角度が 5° のときの概略断面図であり、(b) はその光強度分布を示す図である。

【図 10】 (a) は撮像カメラの光軸と楕円ジャケット型偏波面保存光ファイバの楕円形ジャケットの長軸方向の複屈折主軸とがなす角度が 45° のときの概略断面図であり、(b) はその光強度分布を示す図である。

【図 11】 (a) は撮像カメラの光軸と楕円ジャケット型偏波面保存光ファイバの楕円形ジャケットの長軸方向の複屈折主軸とがなす角度が 90° のときの概略断面図であり、(b) はその光強度分布を示す図である。

【図 12】 図 1 に示した保持部材の変形例を示す図である。

【図 13】 光導波路の端面が露出されるように、光導波路が作製された基板に形成された V 字形の溝に光ファイバを嵌合してなる光ファイバと光導波路との結合部を示す図である。

【図 14】 光導波路の端面が露出されるように、光導波

16

路が作製された基板に形成された断面円形状の凹部に光ファイバを嵌入してなる光ファイバと光導波路との結合部を示す図である。

【図 15】 従来の方法により偏波面保存光ファイバの複屈折主軸のアライメントを行うための系の側面概略図である。

【図 16】 楕円コア型光ファイバの複屈折主軸を示す横断面図である。

【図 17】 楕円ジャケット型光ファイバの複屈折主軸を示す横断面図である。

【符号の説明】

1 a, 1 b 光ファイバ

2 a, 2 b 先端部

2 c, 2 d 後端部

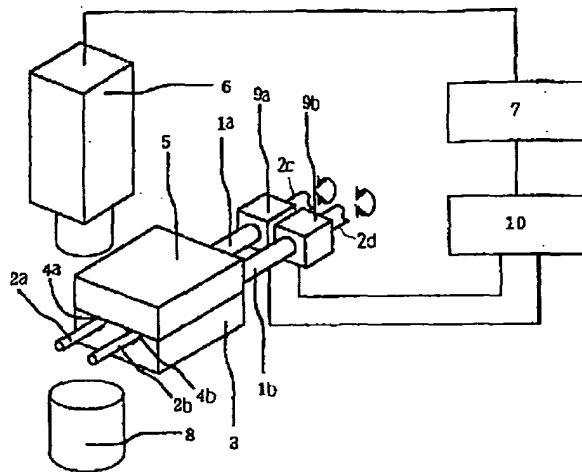
6 画像取得手段 (撮像カメラ)

7 画像処理装置

8 照明光源

9 a, 9 b 光ファイバ回転部材 (光ファイバ回転機構)

【図 1】



1 a, 1 b 光ファイバ

2 a, 2 b 先端部

2 c, 2 d 後端部

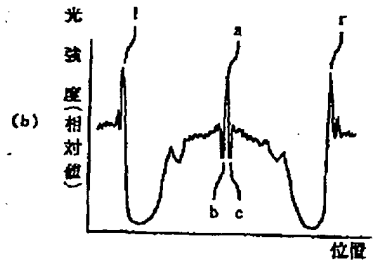
6 画像取得手段 (撮像カメラ)

7 画像処理装置

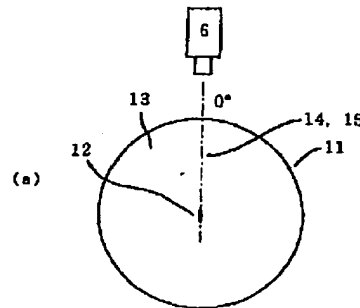
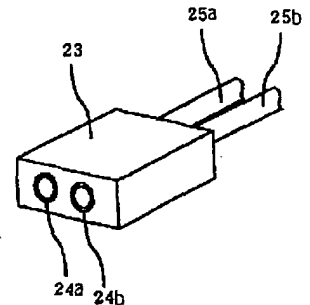
8 照明光源

9 a, 9 b 光ファイバ回転部材 (光ファイバ回転機構)

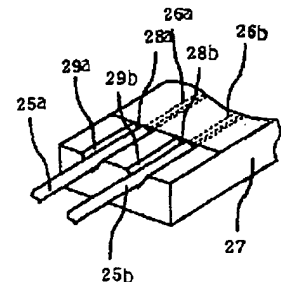
【図 2】



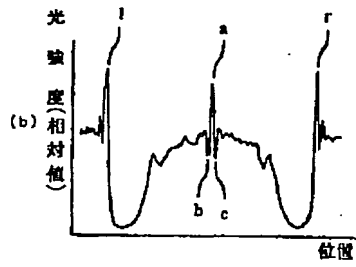
【図 12】



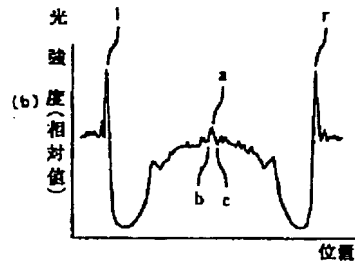
【図 13】



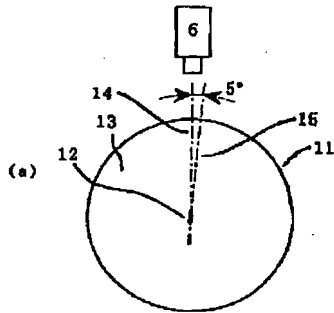
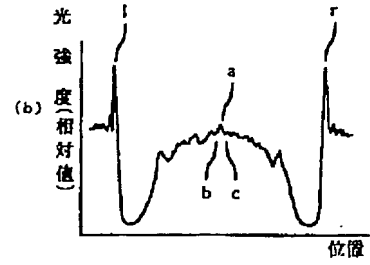
【圖 3】



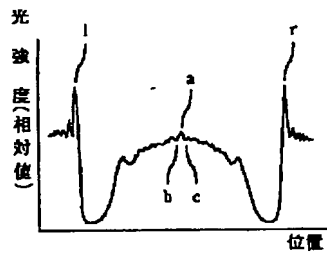
【圖 4】



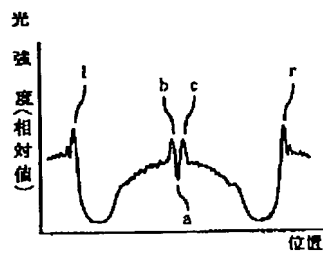
【圖 5】



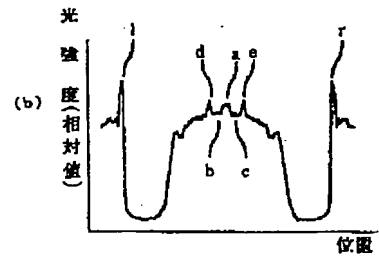
【圖 6】



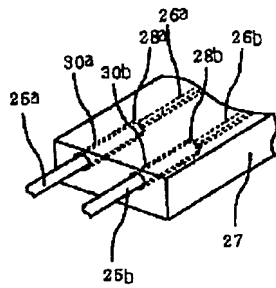
【圖 7】



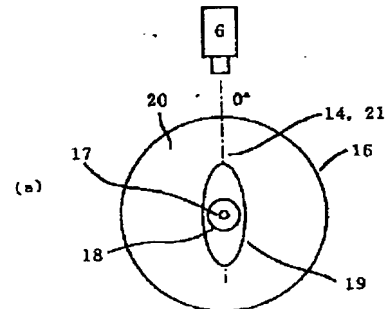
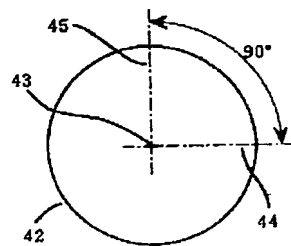
【圖 8】



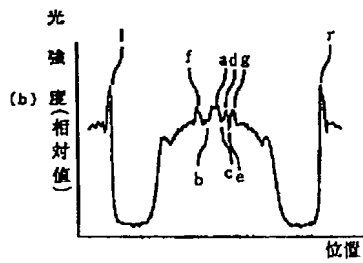
【圖 14】



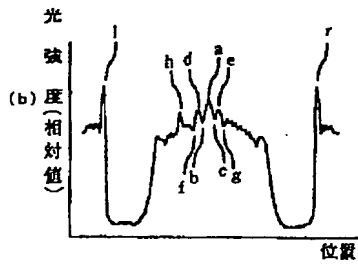
【圖 16】



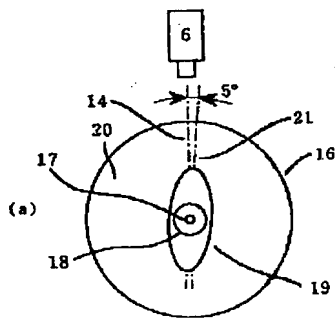
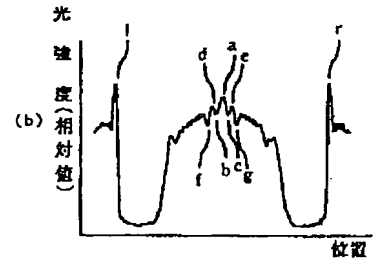
【図 9】



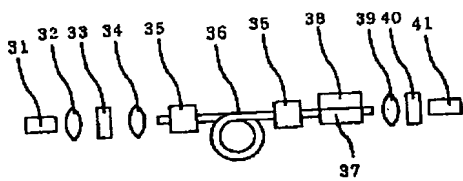
【図 10】



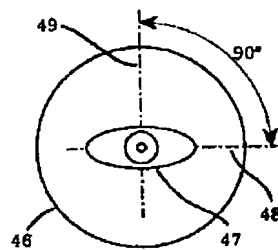
【図 11】



【図 15】



【図 17】



フロントページの続き

- (72)発明者 梶岡 博
茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立
電線株式会社日高工場内
- (72)発明者 市村 守
愛知県小牧市大字上末122番地 サンテッ
ク株式会社内
- (72)発明者 村上 知広
愛知県小牧市大字上末122番地 サンテッ
ク株式会社内